Münster 1936 No 303 Med. Diss.

Aus dem Pharmakologischen Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster / Westf.
Direktor: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund.

Ueber den Einfluß der Alkali- und Erdalkalichloride auf die Hefegärung.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster / Westf.

vorgelegt von
Editha Schmiedeberg
Zahnärztin
aus Bielefeld

1935

Druckausführung Buchdruckerei Franz Grube, Werne a. d. Lippe

Dekan: Professor Dr. Klinge

Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann

Korreferent: Professor Dr. med. et phil. H. Freund

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555428_0050

Nach den grundlegenden Untersuchungen Hofmeisters lassen sich die anorganischen Salze sowohl nach ihren Anionen wie nach ihren Kationen in Reihen ordnen, in denen sich bestimmte Wirkungen auf lebende Zellen bzw. auf die Kolloide der Zellen allmählich verstärken. Das gilt vor allem für die Plasmolyse und die Quellung. Die sogenannten Hofmeister'schen Reihen sind in der Folgezeit häufig verwendet worden, um die Wirkung der Neutralsalze auf das Arbeiten der Zelle z.B. gärender Hefe zu untersuchen. Es seien hier vor allem die Arbeiten von Boas[1]) angeführt. Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung der Chloride der Alkalien und der Erdalkalien auf die Hefegärung liegen bislang im Schrifttum nicht vor. Es war deshalb die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, den Einfluß dieser Chloride auf das Gärvermögen der Hefe zu untersuchen. Da die Wirkung der Salze durch kolloidchemische Veränderungen von Zellbestandteilen erklärt wird, besonders der Lipoide, so wurden in der vorliegenden Arbeit die Chloride in gleichen osmotischen Konzentrationen verwendet.

Unter 1,0 fach isotoner Lösung verstehen wir eine Lösung, die die gleiche Gefrierpunktserniedrigung hat wie eine physiologische Kochsalzlösung. Geprüft wurde der Einfluß auf das Gärvermögen der Bäckerhefe des Handels und einer untergärigen Bierhefe der Germania-Brauerei, Münster/Westf. Die Versuche wurden bei Zimmertemperatur durchgeführt. Die Versuchsdauer betrug 4 Stunden. Die Konzentration der Salze ist in den Tabellen vermerkt. Die Versuchsanordnung entsprach der im Institut üblichen. Die Versuchsansätze hatten folgende Zusammensetzung:

10 ccm 30%ige Glukoselösung (Dextropur),
10 ccm Zusätze, bzw. Kontrolle = H_2O,
10 ccm 30%ige Hefelösung in H_2O bzw. Pufferlösung.

[1]) Boas: Biochem. Zeitschrift Bd. 117, S. 166, 1921; Bd. 176, S. 349, 1926.

Die Versuche blieben 4 Stunden bei Zimmertemperatur stehen und wurden mit Bleiacetatlösung, die einen Zusatz Monobromessigsäure enthielt, unterbrochen. In den Versuchen ohne Phosphatlösung wurden zunächst 5 ccm Phosphatpuffer ph = 7,36, m/7,5 und dann erst Bleiacetatlösung hinzugesetzt. Durch das gebildete Bleiphosphat werden alle kolloidalen Substanzen adsorbiert, sodaß das Filtrat sofort klar durch das Filter läuft. Die Zuckerabnahme wurde polarimetrisch bestimmt (in einer 2-Dezimeterröhre).

Versuchsserie I.

In der ersten Versuchsreihe wurde die Einwirkung der Chloride der Alkalien und Erdalkalien in gleichen osmotischen Lösungen auf die Gärung von Bier- und Bäckerhefe in ungepufferter Lösung untersucht. Tabelle 1 und 2 geben die Versuchsergebnisse wieder.

Wie die Versuche zeigen, verhält sich die Gärung der beiden Hefen verschieden. In 0,25 und 0,5 fach isotoner Lösung fördern alle Erdalkalien, von den Alkalien nur das Kalium den Zuckerabbau durch Hefe und in einfach isotoner Lösung nur Magnesium-, Strontium- und Bariumchlorid; Natriumchlorid hemmt bereits in 0,5 fach isotoner Lösung, Lithiumchlorid sogar schon in 0,25 fach isotoner Lösung. Mit ansteigender Konzentration tritt durch alle Chloride eine mehr oder weniger starke Hemmung der Hefegärung auf, die besonders stark beim Lithium- und Natriumchlorid ist. Bei der Bierhefe beeinflussen isosmotische Lösungen von Lithium- und Natriumchlorid die Hefegärung in der gleichen Stärke. Die Hemmung beträgt bis zu 70 %. Sie ist am schwächsten für die Bierhefe durch Magnesiumchlorid, das selbst in 2-fach isotoner Lösung die Gärung noch steigert, während Lithium- und Natriumchlorid bereits die Gärungsgröße um 50 % herabsetzen. Calcium- und Strontiumchlorid sind unwirksam. Kalium- und Bariumchlorid hemmen mittelstark.

Die Salzempfindlichkeit der Gärung von Bäckerhefe ist vollkommen verschieden von der der Bierhefe. Die Zuckerabnahme ist in schwachen Lösungen der Salze im Gegensatz zur Bierhefe nur ganz geringfügig gesteigert. Besonders stark zeigt sich das unterschiedliche Verhalten der beiden Hefen an der Natriumchloridwirkung. Bei der Bäckerhefe hemmt lediglich die höchste Konzentration, bei der Bierhefe dagegen nimmt die Hemmung bei ansteigender Konzentration stark zu. In vierfach isotoner

Tabelle 1

Bierhefe + H_2O

Drehung: °

Konzentration	LiCl	NaCl	K Cl	$MgCl_2$	$CaCl_2$	$SrCl_2$	$BaCl_2$
Direkter Versuch	6,98						
Kontrollversuch	2,61						
0,25 isoton	2,92	2,64	1,94	1,99	1,91	1,62	1,85
0,5	3,17	3,17	2,05	2,16	2,15	1,95	1,87
1,0	3,36	3,60	2,67	1,92	2,69	1,85	2,18
2,0	4,65	4,71	3,63	2,15	2,86	2,66	3,15
4,0	5,13	5,65	4,64	3,63	4,84	4,14	4,63

Differenz Drehung: °

Kontrollversuch	4,37						
0,25 isoton	4,06	4,34	5,04	4,99	5,07	5,36	5,13
0,5	3,81	3,81	4,93	4,82	4,83	5,03	5,11
1,0	3,62	3,38	4,31	5,06	4,29	5,13	4,80
2,0	2,33	2,27	3,35	4,83	4,12	4,32	3,83
4,0	1,85	1,33	2,34	3,35	2,14	2,84	2,35

Glukoseabnahme: % des Kontrollversuchs

0,25 isoton	93	99	116	114	116	124	118
0,5	87	87	113	110	111	115	117
1,0	83	78	99	116	98	118	110
2,0	53	52	77	111	95	99	88
4,0	42	30	53	77	49	65	54

Lösung ist die Gärung der Bierhefe um 70 %, die der Bäckerhefe aber nur um 21 % verzögert. In zweifach isotoner Lösung finden wir eine leichte Förderung der Gärung von Bäckerhefe; der Zuckerabbau der Bierhefe dagegen ist auf die Hälfte herabgesetzt. Lithium- und Natriumchlorid beeinflussen die Gärung der Bierhefe in gleicher Stärke, nicht aber die Gärung der Bäkkerhefe. Das gleiche gilt für alle übrigen Salze. Nur gering ist der schädigende Einfluß von hohen Konzentrationen Magnesiumchlorid. Natrium-, Kalium-, Calcium- und Bariumchlorid

sind in vierfach isotoner Lösung an Bäckerhefe gleich stark wirksam; wir haben Hemmungen von 21—30 %. Eine Sonderstellung unter den Chloriden nimmt das Lithium ein, das die Gärung in Bäckerhefe sehr erheblich viel stärker als alle übrigen Chloride verringert. Bei der Bierhefe weichen Lithium- und Natriumchlorid in ihrem Verhalten stark von den anderen Chloriden ab.

Die Versuche erbrachten den Nachweis, daß allgemeine Gesetzmäßigkeiten über die Salzwirkung auf gärende Hefe nicht bestehen, daß vielmehr jede Hefe ihre spezifische Salzempfindlichkeit besitzt.

Tabelle 2

Bäckerhefe + H_2O

Drehung: $_2$

Konzentration	LiCl	NaCl	K Cl	$MgCl_2$	$CaCl_2$	$SrCl_2$	$BaCl_2$
Direkter Versuch	8,06						
Kontrollversuch	2,35						
0,25 isoton	2,15	2,08	1,93	2,12	2,31	2,69	2,82
0,5	1,90	1,81	2,19	2,31	2,40	2,98	2,91
1,0	3,92	1,87	2,21	2,45	2,21	2,84	3,07
2,0	5,19	2,07	2,62	2,37	2,90	3,04	3,67
4,0	6,04	3,56	3,63	2,73	3,66	3,93	4,07
Differenz Drehung: °							
Kontrollversuch	5,71						
0,25 isoton	5,91	5,98	6,13	5,94	5,75	5,47	5,24
0,5	6,16	6,25	5,87	5,75	5,66	5,08	5,15
1,0	4,14	6,19	5,85	5,61	5,85	5,22	4,99
2,0	2,87	5,99	5,44	5,69	5,16	5,02	4,39
4,0	2,02	4,50	4,43	5,33	4,40	4,13	3,99
Glukoseabnahme: % des Kontrollversuchs							
0,25 isoton	103	105	107	104	101	96	92
0,5	108	109	103	101	99	89	90
1,0	72	108	102	98	102	91	87
2,0	50	105	95	100	90	88	77
4,0	35	79	78	93	77	73	70

Versuchsserie II.

Das unterschiedliche Verhalten von Bier- und Bäckerhefe den Chloriden gegenüber kommt besonders gut heraus, wenn wir als Suspensionsflüssigkeit nicht Aqua dest., sondern saure oder alkalische Pufferlösung verwenden. Zu den in den Tabellen 3 und 4 wiedergegebenen Versuchen wurde Natriumacetatpufferlösung verwendet mit einem Säuregrad von ph = 5,65 und einer Acetatkonzentration von n/50.

Tabelle 3

Bierhefe + Na-Acetatpuffer

Drehung: °

Konzentration	LiCl	NaCl	K Cl	$MgCl_2$	$CaCl_2$	$SrCl_2$	$BaCl_2$
Direkter Versuch	8,33						
Kontrollversuch	2,88						
0,25 isoton	3,09	2,62	2,85	2,62	3,28	2,60	3,85
0,5	3,94	2,69	3,34	3,14	3.30	3,36	4,08
1,0	4,60	3,38	3,88	3,36	4,20	3,79	4,79
2,0	6,06	4,56	4,89	4,09	5,14	4,92	5,33
4,0	7,14	6,55	6,57	5,60	6,59	6,14	6,59

Differenz Drehung: °

Kontrollversuch	5,45						
0,25 isoton	5,24	5,71	5,48	5,71	5,05	5,73	4,48
0,5	4,39	5,64	4,99	5,19	5,03	4,97	4,25
1,0	3,73	4,95	4,45	4,97	4,13	4,54	3,54
2,0	2,27	3,77	3,44	4,24	3,29	4,41	3,00
4,0	1,19	1,78	1,76	2,73	1,74	2,19	1,74

Glukoseabnahme: % des Kontrollversuchs

0,25 isoton	96	105	101	105	93	105	82
0,5	81	103	92	95	93	91	78
1,0	69	91	82	91	76	83	65
2,0	42	69	62	78	61	81	55
4,0	22	33	32	50	32	40	32

Tabelle 4

Bäckerhefe + Na-Acetatpuffer

Drehung: °

Konzentration	LiCl	NaCl	K Cl	$MgCl_2$	$CaCl_2$	$SrCl_2$	$BaCl_2$
Direkter Versuch	9,65						
Kontrollversuch	2,11						
0,25 isoton	3,64	1,84	1,83	1,84	1,96	2,12	2,37
0,5	4,85	2,05	1,96	1,92	1,89	2,45	2,13
1,0	5,58	2,41	2,09	1,96	1,84	2,70	2,13
2,0	6,10	2,69	2,35	1,95	2,62	2,60	2,80
4,0	6,32	3,59	3,48	2,40	4,10	3,63	3,69

Differenz Drehung: °

Kontrollversuch	7,54						
0,25 isoton	6,01	7,81	7,82	7,81	7,69	7,53	7,28
0,5	4,80	7,60	7,69	7,73	7,86	7,20	7,52
1,0	4,07	7,25	7,56	7,69	7,82	6,90	7,52
2,0	3,55	6,96	7,30	7,70	7,03	7,05	6,85
4,0	3,33	5,06	6,17	7,25	5,55	6,02	5,96

Glukoseabnahme; % des Kontrollversuchs

0,25 isoton	81	105	105	105	100	100	98
0,5	65	102	103	104	106	97	100
1,0	55	97	100	103	105	93	100
2,0	48	93	98	103	95	95	92
4,0	45	68	83	97	75	81	80

Bäckerhefe ist gegen 0,25—2fach isotone Lösungen der Chloride mit Ausnahme von Lithiumchlorid fast gänzlich unempfindlich. Erst in 4fach isotoner Lösung tritt eine Hemmung auf, die jedoch 30 % nicht überschreitet. Gegen Magnesiumsalze ist die Gärung der Bäckerhefe vollkommen indifferent. Besonders deutlich zeigt sich die Sonderstellung des Lithiumchlorids. Es hemmt bereits in 0,25fach isotoner Lösung den Zuckerabbau um fast 20 % und in 2-fach isotoner Lösung um 50 %. Die übrigen Chloride sind bei dieser Konzentration fast unwirksam.

Die Gärung der Bierhefe wird in saurer Lösung durch alle Chloride mit ansteigender Konzentration sehr stark verschlechtert, am wenigsten durch Magnesium- und Strontiumchlorid. Eine Sonderstellung des Lithiumchlorids läßt sich nicht ableiten, wenn es auch in allen Konzentrationen stärker wirkt als alle übrigen Chloride. In 4fach isotoner Lösung beträgt die Hemmung durch Lithiumchlorid rund 80 %, durch Natrium-, Kalium- und Bariumchlorid 70 %, durch Strontiumchlorid 60 % und durch Magnesiumchlorid 50 %. Der verzögernde Einfluß der Salze ist in saurer Reaktion mithin erheblich größer als bei neutraler Reaktion. So beobachten wir denn auch keine Förderungswirkungen der Chloride in schwachen Konzentrationen, wie das bei neutraler Reaktion der Fall ist. Die Versuche zeigen weiterhin, daß sich die Wirkungsrichtung eines Salzes je nach dem Milieu umstellen kann. In ungepufferter Lösung hat 2-fach isotone Magnesiumchloridlösung die Hefegärung um 11 % gesteigert, in Acetatpufferlösung hingegen um 22 % gehemmt. Noch deutlicher sind die Unterschiede beim Bariumchlorid. Einfach isotone Lösung steigert in ungepufferter Lösung die Hefegärung um 10 %, verzögert sie hingegen in saurer Lösung um 30 %.

Versuchsserie III.

Das Wirkungsbild der Chloride auf die Hefegärung ändert sich vollkommen, wenn wir den Zuckerabbau in alkalischer Lösung vor sich gehen lassen. Verwendet wurde Citratpuffer, ph = 9,15, m/50.

Die Gärung der Bierhefe wird durch sämtliche Salze mit ansteigender Konzentration verschlechtert. 0,25fach — 1,0fach isotone Lösungen sämtlicher Salze sind unwirksam. In Acetatpufferlösung ist die Hemmung in 1fach isotoner Lösung bereits sehr stark, ja für einige Salze schon in 0,25fach isotoner Lösung nachweisbar. In ungepufferter Lösung sehen wir die Hefegärung unter dem Einfluß der Erdalkalichloride und von Kaliumchlorid in schwächeren Konzentrationen beschleunigt verlaufen, die Wirkungsrichtung der Salze ist also weitgehend abhängig vom Milieu.

In zwei- und vierfach isotoner Lösung setzen die Chloride von Lithium, Natrium, Kalium und Calcium den Zuckerabbau bei alkalischer Reaktion um den gleichen Betrag herab. Sie

wirken erheblich stärker als Magnesium-, Strontium- und Bariumchlorid. Besonders geringfügig ist der Einfluß des Magnesiums. Die Hemmungen betragen durch die Chloride der Alkalien und des Calciums in 2fach isotoner Lösung 20 %, in 4fach isotoner Lösung über 50 %.

Tabelle 5

Bierhefe + Citratpuffer

Drehung: °

Konzentration	LiCl	NaCl	K Cl	$MgCl_2$	$CaCl_2$	$SrCl_2$	$BaCl_2$
Direkter Versuch	7,00						
Kontrollversuch	1,61						
0,25 isoton	1,73	1,65	1,69	1,41	1,32	1,16	1,32
0,5	1,64	1,54	1,64	1,60	1,69	1,37	1,68
1,0	1,88	1,85	1,92	1,35	1,91	1,62	1,90
2,0	2,88	2,87	2,83	1,86	2,67	2,41	2,32
4,0	4,68	4,53	4,59	2,59	4,56	3,66	4,16

Differenz Drehung: °

Kontrollversuch	5,39						
0,25 isoton	5,27	5,35	5,31	5,59	5,68	5,84	5,68
0,5	5,36	5,46	5,36	5,40	5,31	5,63	5,32
1,0	5,12	5,15	5,08	5,65	5,09	5,38	5,10
2,0	4,12	4,13	4,17	5,14	4,33	4,59	4,68
4,0	2,32	2,47	2,41	4,41	2,44	3,34	2,84

Glukoseabnahme: % des Kontrollversuchs

0,25 isoton	98	100	99	104	105	108	105
0,5	100	101	100	100	99	105	99
1,0	95	96	95	105	95	100	95
2,0	77	77	78	95	81	85	87
4,0	43	46	45	82	45	62	53

Die Gärung von Bäckerhefe ist gegen alle verwendeten Konzentrationen der Chloride mit Ausnahme von Lithiumchlorid sehr wenig empfindlich; gänzlich unwirksam ist Magnesium-

chlorid. Die Hemmungen bei der höchsten Konzentration betragen für Kalium-, Calcium-, Strontium- u. Barium-Chlorid rund 10 %, für Natriumchlorid 20 %. Die Sonderstellung des Lithiumchlorids zeigt sich in diesen Versuchen besonders eindrucksvoll, es hemmt bereits in 0,25fach isotoner Lösung um rund 25 %.

Tabelle 6

Bäckerhefe + Citratpuffer

Drehung: °

Konzentration	LiCl	NaCl	K Cl	$MgCl_2$	$CaCl_2$	$SrCl_2$	$BaCl_2$
Direkter Versuch	10,09						
Kontrollversuch	1,88						
0,25 isoton	3,88	0,88	1,65	1,65	1,60	2,16	2,38
0,5	4,43	1,32	1,36	1,69	1,66	1,92	1,87
1,0	4,93	1,86	1,37	1,69	1,61	2,09	1,66
2,0	5,39	2,40	1,64	1,65	1,88	2,47	2,21
4,0	5,56	3,40	2,53	2,04	2,59	2,70	2,63

Differenz Drehung: °

Kontrollversuch	8,21						
0,25 isoton	6,21	9,21	8,44	8,44	8,49	7,93	7,71
0,5	5,69	8,77	8,73	8,40	8,43	8,18	8,22
1,0	5,16	8,23	8,72	8,40	8,48	8,00	8,43
2,0	4,70	7,69	8,45	8,44	8,21	7,62	7,88
4,0	4,53	6,69	7,51	8,05	7,50	7,39	7,46

Glukoseabnahme: % des Kontrollversuchs

0,25 isoton	76	112	103	103	103	97	94
0,5	69	107	106	102	103	99	100
1,0	63	100	106	102	103	98	103
2,0	57	94	103	103	100	93	96
4,0	55	81	92	98	91	90	91

Zusammenfassung.

Die Vergärung von Traubenzucker durch Bier- und Bäckerhefe wird durch die Chloride der Alkalien und Erdalkalien in gleichen osmotischen Lösungen in gänzlich verschiedener Weise verändert. Die Wirkung der Salze ist weitgehend abhängig vom Säuregrad. Die Bierhefe ist im Gegensatz zur Bäckerhefe sehr salzempfindlich. Der Zuckerabbau durch Bäckerhefe wird in 0,25—2fach isotoner Lösung durch die Chloride nicht nennenswert verändert. Erst in 4fach isotoner Lösung treten Hemmungen auf, die in alkalischer Lösung nur gering und in saurer Lösung mittelstark sind. Lediglich Magnesiumchlorid beeinflußt selbst in höchsten Konzentrationen die Gärung nicht. Eine Sonderstellung unter den Chloriden der Alkalien und Erdalkalien nimmt das Lithiumchlorid ein, das mit ansteigender Konzentration die Gärung von Bäckerhefe sehr stark verschlechtert. Die Gärung von Bierhefe wird ganz allgemein durch ansteigende Konzentration der Chloride herabgesetzt, besonders stark in saurer Lösung. In ungepufferter Lösung wird die Gärung nur durch die Chloride der Erdalkalien u. des Kaliums beschleunigt, nicht aber durch die Chloride von Lithium und Natrium. Die Wirkungsrichtung der Chloride ist besonders in verdünnteren Lösungen bei saurer Reaktion oft umgekehrt wie in ungepufferter Lösung. Eine Sonderstellung des Lithiumchlorids wie bei Bäckerhefe besteht bei der Bierhefe nicht.

Lebenslauf.

Ich, Editha Klara Johanna Auguste Schmiedeberg, Tochter des Oberschulrats Dr. Walther Schmiedeberg und seiner Frau, Martha geb. Timm, wurde am 17. August 1910 in Bielefeld geboren und daselbst evangelisch-lutherisch getauft.

Ich besuchte das Lyzeum meiner Vaterstadt, das Oberlyzeum in Tilsit, und am Oberlyzeum in Münster bestand ich Ostern 1931 das Abitur.

Ich studierte Zahnheilkunde zunächst in Münster (SS. 1931 bis WS. 1932) wo ich im November 1932 das Physikum machte, dann in Rostock (SS. 1933 bis WS. 1933) und bestand am 20. Dezember 1934 das zahnärztliche Staatsexamen in Münster.

Die mündliche Promotionsprüfung fand am 7. Juni 1935 statt.